

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Attorney Docket No. 253/053

In re patent application of

Pil-sik HYUN et al.

Group Art Unit: (Unassigned)

Serial No. (Unassigned)

Examiner: (Unassigned)

Filed: Concurrently

For: METHOD AND APPARATUS FOR CLASSIFYING DEFECTS OF AN OBJECT

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA. 22313-1450

Sir:

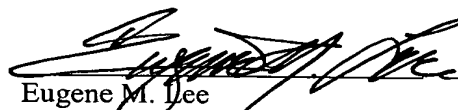
The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

Korean Application No. 2003-12088, filed February 26, 2003.

Respectfully submitted,

February 26, 2004
Date


Eugene M. Lee
Reg. No. 32,039
Richard A. Sterba
Reg. No. 43,162

LEE & STERBA, P.C.
1101 Wilson Boulevard Suite 2000
Arlington, VA 20009
Telephone: (703) 525-0978



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0012088
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 02월 26일
Date of Application
FEB 26, 2003

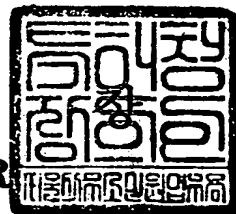
출원인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 03 월 18 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

| | |
|------------|---|
| 【서류명】 | 특허출원서 |
| 【권리구분】 | 특허 |
| 【수신처】 | 특허청장 |
| 【제출일자】 | 2003.02.26 |
| 【발명의 명칭】 | 결함 분류 방법 및 결함 분류 장치 |
| 【발명의 영문명칭】 | APPARATUS AND METHOD FOR AUTOMATICALLY CLASSIFYING A DEFECT |
| 【출원인】 | |
| 【명칭】 | 삼성전자 주식회사 |
| 【출원인코드】 | 1-1998-104271-3 |
| 【대리인】 | |
| 【성명】 | 박영우 |
| 【대리인코드】 | 9-1998-000230-2 |
| 【포괄위임등록번호】 | 1999-030203-7 |
| 【발명자】 | |
| 【성명의 국문표기】 | 현필식 |
| 【성명의 영문표기】 | HYUN, Pil Sik |
| 【주민등록번호】 | 690315-1932114 |
| 【우편번호】 | 442-809 |
| 【주소】 | 경기도 수원시 팔달구 영통동 955-1 황골주공 137동 1804호 |
| 【국적】 | KR |
| 【발명자】 | |
| 【성명의 국문표기】 | 최선용 |
| 【성명의 영문표기】 | CHOI, Sun Yong |
| 【주민등록번호】 | 560201-1260117 |
| 【우편번호】 | 463-825 |
| 【주소】 | 경기도 성남시 분당구 수내동 73번지 푸른마을 304-103 |
| 【국적】 | KR |
| 【발명자】 | |
| 【성명의 국문표기】 | 이상길 |
| 【성명의 영문표기】 | LEE, Sang Kil |
| 【주민등록번호】 | 610202-1777431 |

| | |
|------------|--|
| 【우편번호】 | 449-846 |
| 【주소】 | 경기도 용인시 수지읍 풍덕천리 1167번지 진산마을 삼성5차 521-1202 |
| 【국적】 | KR |
| 【발명자】 | |
| 【성명의 국문표기】 | 전충삼 |
| 【성명의 영문표기】 | JUN, Chung Sam |
| 【주민등록번호】 | 650820-1094917 |
| 【우편번호】 | 442-816 |
| 【주소】 | 경기도 수원시 팔달구 우만2동 129-1 현대아파트 16-101 |
| 【국적】 | KR |
| 【발명자】 | |
| 【성명의 국문표기】 | 김상민 |
| 【성명의 영문표기】 | KIM, Sang Min |
| 【주민등록번호】 | 681006-1067020 |
| 【우편번호】 | 137-797 |
| 【주소】 | 서울특별시 서초구 잠원동 한신아파트 324동 1003호 |
| 【국적】 | KR |
| 【심사청구】 | 청구 |
| 【취지】 | 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 박영우 (인) |
| 【수수료】 | |
| 【기본출원료】 | 20 면 29,000 원 |
| 【가산출원료】 | 37 면 37,000 원 |
| 【우선권주장료】 | 0 건 0 원 |
| 【심사청구료】 | 38 항 1,325,000 원 |
| 【합계】 | 1,391,000 원 |
| 【첨부서류】 | 1. 요약서·명세서(도면)_1통 |

【요약서】**【요약】**

피검체 상의 미세한 결함을 실시간으로 검사 및 분류하기 위한 자동 결함 분류 방법 및 분류 장치가 개시되어 있다. 서로 다른 종류의 광들을 조사하는 광 생성 부재를 통하여 피검체 상에 검사 스팟을 생성하기 위해 서로 다른 광들을 조사하고, 검출 부재를 이용하여 상기 광들이 검사 스팟으로부터 산란되어 생성된 산란광들을 수집한 다음, 수집된 산란광들을 분석하여 검사 스팟에 위치한 피검체 상의 결함을 결함의 타입에 따라 분류한다. 스캔된 결함을 실시간으로 검사 및 분류함으로써 피검체를 신속하게 검사할 수 있으며, 피검체 전체에 대한 검사가 가능하여 검사에 대한 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

【대표도】

도 13

【명세서】**【발명의 명칭】**

결함 분류 방법 및 결함 분류 장치{APPARATUS AND METHOD FOR AUTOMATICALLY CLASSIFYING A DEFECT}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 결함 분류 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 2a 및 도 2b는 종래의 결함 분류 방법을 설명하기 위한 그래프들이다.

도 3은 구형의 파티클에 의한 산란 원리를 설명하기 위한 개략도이다.

도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 결과를 도시한 그래프이다.

도 5a 내지 도 5e는 본 발명의 제1 실시예에 따라 측정된 결함들의 전자 현미경 사진들이다.

도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따른 결함 분류 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 7a 내지 도 7c는 결함의 종류를 신호에 의하여 구분한 다양한 예를 도시한 그래프들이다.

도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 제1 실시예에 측정되는 결함들의 전자 현미경 사진들이다.

도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 결함 분류 장치 및 방법을 설명하기 위한 결함 분류 장치의 평면도이다.

도 10은 도 9의 결함 분류 장치의 측면도이다.

도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 결합 분류 방법을 설명하기 위하여 편광의 산란을 도시한 평면도이다.

도 12는 본 발명의 제2 실시예에 따른 결합 분류 방법을 설명하기 위하여 편광의 산란을 도시한 측면도이다.

도 13은 본 발명의 제2 실시예에 따른 결합 분류 방법을 설명하기 위한 순서도이다

도 14는 본 발명의 제2 실시예에 따른 결과를 설명하기 위한 그래프이다.

도 15는 본 발명의 제3 실시예에 따른 결합의 분류 방법 및 장치를 설명하기 위한 결합 분류 장치의 평면도이다.

도 16은 본 발명의 제3 실시예에 따른 분류 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 17은 본 발명의 제4 실시예에 따른 결합의 분류 방법 및 장치를 설명하기 위한 결합 분류 장치의 평면도이다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

100 : 결합 분류 장치 110, 210 : 스테이지

120 : 광원 130 : 편광 조절기

140 : 검출기 IS : 검사 스팟

W : 웨이퍼 220, 225 : 제1 및 제2 광원

230, 235 : 제1 및 제2 편광조절기 240, 245 : 제1 및 제2 검출기

L1, L2 : 제1 및 제2 광 SL1, SL2 : 제1 및 제2 산란광

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <25> 본 발명은 결함 분류 방법 및 결함 분류 장치에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 웨이퍼와 같은 정밀한 제품에 존재하는 파티클 및 스크래치와 같은 결함을 신속하게 검색 및 분류할 수 있는 결함 분류 방법 및 결함 분류 장치에 관한 것이다.
- <26> 반도체 제조 공정 중 웨이퍼(wafer) 상의 결함을 검출하는 검사(Inspection) 공정은 필수적이다. 예를 들어, 미세 패턴의 형성을 위한 패터닝 공정을 수행한 다음에는 웨이퍼에 형성된 패턴 상에 파티클(particle) 또는 미세한 스크래치(micro scratch) 등의 결함이 발생할 수 있으며, 화학 기계적 연마(Chemical Mechanical Polishing: CMP) 공정을 수행할 경우에도 웨이퍼나 웨이퍼 상에 형성된 패턴에 상에 결함이 발생할 수 있다.
- <27> 현재, 결함 검사 설비에서는 단순히 패턴 상의 파티클 및 기타 결함의 존재 여부만 검출하고 있으며, 파티클 및 결함을 확인하기 위한 절차로 별도의 재검 설비(review tool)를 이용하여 육안을 통해 직접적으로 확인하고 있다.
- <28> 검사(inspection) 설비의 비약적인 발전이 이루어짐에 따라 예전에 수십 개 수준의 결함 관리는 수백, 수천 개로 늘어나 정밀한 관리가 가능하게 되었다. 하지만, 이러한 검사 능력의 발전에 따라 검사된 결함들을 분류하기 위한 소요 시간 및 노력은 현저하게 증가하였다. 검사에 소요되는 시간 및 노력의 증가는 웨이퍼의 생산성을 저하시킬 수 있다. 웨이퍼의 생산성 저하를 막기 위해, 현실적으로 생산되는 일부 웨이퍼만 검사하는 방법을 사용하고 있지만, 이는 검사에 대한 신뢰성 저하라는 또 다른 문제점을 갖는다.

따라서, 웨이퍼 상의 결함을 신속하고 효율적으로 처리할 수 있는 결함 자동 분류 방법 및 분류 장치가 요구되고 있다.

<29> 도 1은 종래의 결함 분류 방법을 설명하기 위한 순서도를 도시한 것으로서, 반도체 제조 공정 중 웨이퍼(wafer) 상의 결함을 검출하는 종래의 작업 순서를 나타낸다.

<30> 도 1을 참조하면, 결함 검사(defect inspection) 설비를 사용하여 웨이퍼의 표면을 검색할 경우(S11), 검사 설비에서 결함 개수와 웨이퍼 상의 결함 위치(좌표)에 대한 정보가 발생하게 되고(S12), 이러한 정보들은 서버(server)를 통해 저장된다(S13).

<31> 이 때, 결함 개수가 일정 개수를 넘어가게 되면(spec out)(S14), 반도체 제조 설비는 스펙 아웃에 의해 정지되고(SPEC OUT INTERLOCK), 해당 웨이퍼를 별도의 리뷰 설비로 옮겨 존재하는 결함들을 재검사(review)한다(S15). 여기서, 재검사를 검사 설비에서 얻어진 결함 위치 정보에 따라 별도의 재검 설비에서 해당 위치에 존재하는 결함 모양 및 형태 등을 육안으로 확인하는 공정을 의미한다. 재검사를 수행하는 설비로는 마이크로스코프(microscope) 또는 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope: SEM) 등이 있다.

<32> 재검사의 목적은 일정 개수 이상의 결함을 갖는 웨이퍼를 대상으로 실제 결함들이 공정에 영향을 미치는 것인지 여부를 판단하는 것이며, 공정에 영향을 미치는 결함이 심각한(critical) 수준인지 여부를 눈으로 직접 확인하는 것이다(S16). 재검사를 수행한 결과, 해당 공정의 진행을 중단할 것인지, 계속 진행 할 것인지를 결정하게 된다. 결함의 개수가 일정 개수에 미치지 않거나 결함이 공정에 심각한 영향을 미치지 않는다고 판단되면 후속 공정을 진행한다(S18).

- <33> 도 2a 및 도 2b는 종래의 결함 분류 방법을 설명하기 위한 그래프들로서, 작업자에 의한 재검사 과정(manual review process)에 따른 것이다.
- <34> 도 2a를 참조하면, 웨이퍼 검사 설비가 결함의 개수를 관리하는 동안 기준치(약 200) 이상의 결함이 검사되면, 해당 웨이퍼를 재검사하여 공정의 진행 여부를 판단한다.
- <35> 재검사 과정에서 작업자는 웨이퍼의 결함을 일일이 육안으로 검사하고, 수작업을 통해 결함의 타입을 분류하여 이를 데이터 서버에 저장한다. 저장된 결함의 타입은 도 2b에 도시된 바와 같이 정리될 수 있다. 제2 타입(type 2)의 결함을 임계 결함(critical defect)이라 가정하면, 주로 제2 타입의 결함 개수에 의해 공정의 진행 또는 정지가 판단될 것이다.
- <36> 하지만, 종래의 검사 설비는 1차적으로 결함의 개수에 따라 재검 여부를 결정하기 때문에, 결함의 개수가 기준치 이하이면서 임계 결함을 포함하는 경우를 판별할 수 없다. 이러한 점은 실제 반도체 생산라인에서 문제점으로 드러나고 있으며, 생산라인에서는 사고 발생 후 사후적으로 기준치를 변경함으로써 적합한 기준치를 수시로 재조정하고 있다.
- <37> 또한, 결함의 개수가 수백에서 수천에 이르는 경우 재검사 과정의 소요 시간이 너무 길어져서 모든 결함을 확인할 수 없는 문제점이 발생한다. 현실적으로 웨이퍼의 일부만 랜덤(random)하게 분류하고 일정 배수를 곱하여 결함의 개수 및 비율을 추측하는 방법이 사용되고 있지만, 근본적으로 신뢰할 수 없는 방법이기도 하다.

- <38> 더욱이, 수작업에 의한 재검사에 있어서 결함의 분류 및 평가는 작업자의 주관적인 평가에 의존한다는 점에서 객관성이 결여될 수 있다.
- <39> 실제로, 증착 공정 관련 설비에서 검사 설비는 하루에 대당 약 200~300매의 웨이퍼를 검사하고 있으며, 하나의 반도체 생산라인에서 약 7대의 검사 설비를 사용하여 결함 검사를 진행하여 매일 검사되는 웨이퍼는 약 1400~2100매 정도에 이른다.
- <40> 이중 실제로 재검사되고 있는 웨이퍼는 매우 적고, 실제로 재검되는 웨이퍼 중에서도 결함의 개수가 많은 경우에는 일부만 재검사하기 때문에 결함 검사에 있어 유실되는 결과는 많다.
- <41> 이러한 수작업에 의한 결함 분류의 문제점을 극복하기 위해, 자동 결함 분류(Auto Defect Classification: ADC)가 개시되어 있다. 자동 결함 분류는 검사 작업 후 다시 각 결함의 위치를 찾아가 서버에 저장된 이미지를 확인하고 결함을 분류 및 평가하는 방법이다. 검사에 따른 분류를 자동으로 수행한다는 장점이 있지만, 작업자에 의한 수작업보다 소요 시간이 길뿐만 아니라 최초 조건 세팅(setting)이 어렵다는 단점으로 인하여 자동 결함 분류(ADC)는 현재 널리 실용화되고 있지는 않다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <42> 따라서, 본 발명의 제1 목적은 피검체 상의 결함을 검색하고 실시간으로 분류하여 불필요한 재검(review) 시간을 줄이고, 모든 결함에 대한 신뢰성 있는 정보를 제공할 수 있는 결함 분류 방법을 제공하는 것이다.

<43> 본 발명의 제2 목적은 피검체 상의 결함을 실시간으로 분류하여 재검(review) 시간을 줄이는 동시에 신뢰성 있는 결함 정보를 제공할 수 있는 결함 분류 장치를 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<44> 상술한 본 발명의 제1 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 결함 분류 방법에 의하면, 피검체 상에 검사 스팟을 생성하기 위해 서로 다른 광들을 조사하고, 상기 광들이 검사 스팟으로부터 각각 산란되어 생성된 산란광들을 수집한 후, 상기 산란광들을 분석하여 검사 스팟에 위치한 피검체의 결함을 결함의 타입에 따라 분류한다. 이 경우, 결함을 분류하기 위하여 2이상의 서로 다른 편광이 사용될 수 있으며, 결함을 용이하게 분류하기 위해 P 편광, S 편광, 또는 C 편광(circular polarization) 등이 사용될 수 있다. 즉, 제1 및 제2 광을 사용하여 결함을 분류하는 경우, P-S 편광, S-C 편광 또는 P-C 편광의 조합으로 검사를 수행하며, 바람직하게는 세 조합 중 결함의 분류가 가장 우수한 조합을 사용한다. 또한, 약 488nm 파장을 갖는 레이저 편광이 사용될 수 있다.

<45> 본 발명은 레이저의 산란 원리를 사용하는 웨이퍼 검사 설비에 있어서, 편광에 따른 결함의 반응성이 다름을 이용하여 검출과 동시에 결함의 특성을 미리 파악하고자 하는 방법에 관한 것이다. 즉, 검사 스팟에 대해 서로 다른 종류의 편광을 조사하고 동일 검사 스팟에 대한 산란광의 측정치를 분석하여, 결함의 개수 및 결함의 종류를 판단할 수 있다. 게다가 동일 조건에서의 결함의 타입에 따른 결함의 측정치 샘플이 정의된다면, 다른 피검체의 표면에 존재하는 결함의 종류를 실시간으로 분석할 수도 있다.

- <46> 상술한 본 발명의 제2 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 결함 분류 장치는, 검사 스팟에 광을 조사하는 광원 및 산란광을 수집하기 위한 검출 부재를 포함한다.
- <47> 상기 광원은 피검체 상에 검사 스팟을 생성하기 위해 서로 다른 광들을 피검체 상에 조사한다. 조사된 광들은 검사 스팟으로부터 산란되며, 각 광에 대응하여 생성된 산란광들은 검출 부재에 의해 수집된다. 이 경우, 수집된 산란광들을 분석하여 검사 스팟에 위치한 피검체 상의 결함을 결함의 타입에 따라 분류할 수 있다.
- <48> 상기 광원은 적어도 하나의 광원을 포함하며, 상기 광원으로부터 나오는 빛은 편광 조절기를 통해서 P 편광, S 편광, 또는 C 편광 중 어느 하나를 생성하며, 서로 다른 편광에 대한 산란광을 측정하여 결함을 분류할 수 있다. 스테이지 상에는 피검체가 놓여지며, 광원은 피검체 상에 검사 스팟을 생성하기 위해 피검체에 수직 또는 경사지게 빛을 조사한다. 스테이지는 피검체 상의 모든 점을 스캔할 수 있도록 피검체를 수평방향으로 이동시킨다. 편광을 생성하고 편광의 특성을 조절하기 위하여 광들의 경로에 편광 조절기가 배치될 수 있다. 상기 광원은 피검체에 약10~30°정도의 각도 범위 내에서 광들을 조사할 수 있으며, 검출 부재는 피검체 상의 평면에서 검사 스팟을 중심으로 약 40~50°정도의 범위에 위치하여 최적의 산란광들을 측정할 수 있다.
- <49> 또한, 상술한 본 발명의 제1 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 결함 분류 방법에 의하면, 피검체 상에 검사 스팟을 생성하기 위해 제1 광을 조사하여, 검사 스팟으로부터 산란되어 생성된 제1 산란광을 제1 검출기로 수집하고, 상기 검사 스팟에 제2 광을 조사하여 검사 스팟으로부터 산란되어 생성된 제2 산란광을

제2 검출기로 수집한다. 제1 및 제2 산란광을 수집한 후, 산란광들을 분석하여 검사 스팟에 위치한 결함을 결함의 타입에 따라 분류한다.

<50> 또한, 상술한 본 발명의 제2 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 결함 분류 장치는, 제1 광원, 제2 광원, 제1 산란광을 수집하는 제1 검출기 및 제2 산란광을 수집하는 제2 검출기를 포함하며, 상기 제1 및 제2 산란광을 분석하여 검사 스팟에 위치한 피검체 상의 결함을 결함의 타입에 따라 분류한다. 이 경우, 제1 및 제2 광원은 동일한 검사 스팟에 각각 제1 광 및 제2 광을 조사하며, 제1 검출기 및 제2 검출기는 제1 및 제2 광이 검사 스팟에서 산란되어 생성된 산란광들을 각각 수집한다. 제1 및 제2 광원이 서로 대향하게 배치되어 동시에 검사 스팟에 서로 다른 광들을 조사할 수 있으며, 이들 광들의 산란광을 각기 수집하여 결함의 존재 여부 및 결함의 종류를 신속하게 파악할 수 있다.

<51> 또한, 본 발명의 제1 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따른 결함 분류 방법에 의하면, 피검체 상에 검사 스팟을 생성하기 위해 메인 광을 조사하고, 상기 메인 광을 분리하여 제1 광 및 제2 광을 생성하고, 제1 및 제2 검출기를 이용하여 제1 및 제2 광이 검사 스팟으로부터 산란되어 생성된 제1 및 제2 산란광을 각기 수집한다. 제1 및 제2 산란광을 수집한 다음, 산란광들을 분석하여 검사 스팟에 위치한 결함을 결함의 타입에 따라 분류한다.

<52> 또한, 본 발명의 제2 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따른 결함 분류 장치는, 메인 광을 조사하는 광원, 광경로 전환 부재, 제1 검출기 및 제2 검출기를 포함하며, 산란광들의 측정치를 분석하여 피검체 상의 결함을 결함의 타입에 따라 분류한다. 이 때, 광원은 피검체 상에 검사 스팟을 생성하기 위해 피검체에

메인 광을 조사하며, 메인 광은 광경로 전환부재를 통과하면서 제1 광 및 제2 광으로 분리되며, 제1 광은 검사 스팟으로 조사되고, 제 2 광은 광경로 전환 부재를 통과하면서 제1 광과는 다른 방향으로 검사 스팟으로 조사된다. 제1 및 제2 광이 검사 스팟으로부터 산란되어 생성된 산란광들을 수집하기 위하여 제1 및 제2 검출기가 검사 스팟에 인접하게 배치된다.

<53> 이하, 본 발명에 따른 결함 분류 방법 및 결함 분류 장치에 적용되는 편광 산란의 원리를 설명한다.

<54> 편광 산란의 원리

<55> 피검체의 일 평면에 빛이 조사되면, 원칙적으로 입사각과 동일한 반사각으로 반사된다. 그러나, 피검체 상에 미세한 파티클(particle)이 존재하면, 미세한 파티클에 조사된 빛은 산란된다.

<56> 파티클이 구형임을 가정하면, 산란광의 강도는 입사각의 강도에 의해 하기의 수학적 식 1과 같이 표현된다.

<57> **【수학식 1】**
$$I_s = \frac{8\pi^4 a^6}{\lambda^4 R^4} \left| \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right|^2 (1 + \cos^2 \theta) I_i$$

<58> 상기 수학적 식 1에서, I_i 는 입사광의 강도(intensity), I_s 는 산란광의 강도, λ 는 입사광의 파장(incident beam wavelength), n 은 파티클의 굴절율(particle refractive index), R 은 산란광이 측정되는 위치로부터의 거리(즉, 검출기(detector)의 거리), a 는 파티클의 직경(particle diameter), θ 는 입사각(incident angle)으로 각기 정의된다.

<59> 여기서, 미세한 파티클(small particle)이라 함은 입사광(incident beam) 파장(λ)보다 작은 입자를 말한다. 따라서, 일반적으로 사용되는 약 488nm의 파장을 갖는 아르곤

레이저(Ar laser)를 사용하는 설비에서 미세한 파티클은 약 $0.5\mu\text{m}$ 보다 작은 직경을 가진 파티클을 의미한다.

<60> 상기 수학식 1에 있어서, 괄호 내의 1은 산란 scatter가 측정되는 면에 수직인 입사 편광(S 편광)에 대한 것을 일컫는 항이고, $\cos^2\theta$ 은 측정면 안에 있는 입사 편광(P 편광)에 대한 항이다.

<61> 산란광은 입사 파장(λ)의 4승수, 검출기(detector)까지의 거리의 2승수에 반비례하고, 파티클(particle) 직경(a)의 6승수에 비례한다. 또한, 입사광 강도 및 파티클 물성에 따른 굴절율(n)과도 상관 관계가 있다.

<62> 도 3은 구형의 파티클에 의해서 산란된 산란광을 도시한 것으로서, 편광의 종류에 따른 산란광의 경향을 나타낸다.

<63> 도 3을 참조하면, 구형의 파티클로부터 산란되는 산란광의 강도가 표시된다. 편광의 종류에 따라 입사광에 대한 산란광의 강도는 다양한 형태로 표현된다. 물론, 레이저의 입사각도(θ), 레이저 파장(λ), 편광의 종류, 파티클의 굴절율(n), 파티클 크기(particle size), 그리고 파티클의 형태(particle shape) 등의 영향을 받는다.

<64> 실제 공간상의 파티클에 의한 산란광의 양을 계산하는 것은 훨씬 복잡하다. 또한, 반도체 공정에서의 결함 검사 설비는 일반적으로 웨이퍼의 표면에서의 파티클, 마이크로 스크래치(micro scratch) 등을 검출하므로 파티클 크기, 재질 및 형태 이외에도 하부 막질의 구조, 물성 및 두께 등의 영향을 받는다.

<65> 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명을 상세하게 설명한다.

<66> 실시예 1

<67> 본 실시예에 따르면, 레이저 편광의 산란을 이용하여 웨이퍼 상의 결함을 분류한다. 이와 같은 결함을 분류하기 기본적인 사항은 다음 표 1과 같다.

<68> 【표 1】

| | |
|---------------|-----------------------------------|
| Source | 488nm Ar laser |
| 편광 조절기 | $1/4\lambda$, $1/2\lambda$ plate |
| 실험에 사용한 편광 | P(입사면), S(입사면에 수직), Circular편광 |
| 입사각 | 표면으로부터 약 20도 |
| 검출기(Detector) | PMT(Photo Multiplier Tube) |

<69> 사용된 시료는 산화 및 화학 기계적 연마(Chemical Mechanical Polishing: CMP) 공정 후, 파티클 및 마이크로 스크래치가 형성된 웨이퍼로서, 표면에 패턴을 포함하지 않는다. 따라서, 예상되는 결함으로는 마이크로 스크래치(micro scratch), 실제 파티클(real particle) 및 폴리스티렌 라텍스(polystyren latex: PSL) 등을 들 수 있다. 상기 PSL은 파티클의 표준 시료로서 대체로 구형의 형상을 갖는다.

<70> 구체적으로, P 편광, S 편광 및 Circular 편광(C 편광)의 3가지 편광을 각각 조합하여, 웨이퍼에 레이저를 조사하고 웨이퍼 상의 결함을 재검사(review)하면서 결함의 타입을 각 결함에 대응하여 코딩(coding)한다. 또한, 각 결함에 대응하는 산란광의 측정값(PMT 전압(voltage))을 확인한다.

<71> 도 4는 본 실시예에 따른 결과를 도시한 그래프이며, 도 5a 내지 도 5e는 본 실시예에 따라 측정된 결함들의 전자 현미경 사진들이다.

<72> 입사 편광은 S 편광, P 편광 및 C 편광으로 이루어진 3가지 편광을 사용하여 웨이퍼에 대한 검사를 하였으며, S 편광-P 편광, P 편광-C 편광, S 편광-C 편광 모두에 대한 검사를 수행한 후, 각 편광 조합 중 결함의 종류가 가장 잘 분류되는 편광 조합을 선택하였다. 그 결과, P 편광-C 편광 조합에 따른 측정치가 도시되어 있다.

- <73> 도 4의 그래프는 P 편광의 산란 측정치(PMT 전압(voltage))를 X 값으로, C 편광의 산란 측정치(PMT 전압(voltage))를 Y 값으로 표시한 것이다. 양측에서 산란 측정치가 클수록 암시야 영역(dark field)에서 강한 산란(scattering)을 나타내는 결함임을 알 수 있다.
- <74> 미세한 크기의 결함을 크기에 따라 표기하기 위해 약 $0.2\mu\text{m}$ 및 약 $0.5\mu\text{m}$ 정도의 직경을 갖는 PSL을 웨이퍼 상에 증착한다. PSL은 일정한 크기로 제작된 파티클의 표준 시료이다.
- <75> 도 4와 도 5a 내지 도 5e를 참조하면, 약 $0.2\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는 PSL은 P 편광에 대하여 약 0.2~0.5 정도의 PMT 전압 및 C 편광에 대하여 약 0.8~1.2 정도의 PMT 전압에 CL1 영역을 형성하며(도 5a 참조), 약 $0.5\mu\text{m}$ 정도의 직경을 갖는 PSL은 P 편광에 대하여 약 1.3~1.7 정도의 PMT 전압 및 C 편광에 대하여 약 2.4~2.9 정도의 PMT 전압에 CL2 영역을 형성한다(도 5b 참조).
- <76> 약 $2.0\mu\text{m}$ 정도의 크기를 갖는 실제 파티클은 P 편광에 대하여 약 3.4~4.0 정도의 PMT 전압 및 C 편광에 대하여 약 3.6~4.0 정도의 PMT 전압에 CL3 영역을 형성한다(도 5c 참조). 또한, 마이크로 스크래치는 P 편광에 대하여 약 3.5 정도의 PMT 전압에서 추세선의 하부를 따라 CL4 영역에 넓게 분포된다(도 5d 및 도 5e 참조).
- <77> 본 실시예에서 추세선은 다음의 수학식 2의 2차 곡선을 형성하며, 이는 상기 결함들의 분포에 의해 결정된다.
- <78> 【수학식 2】 $y = -0.0856x^2 + 1.2981x + 0.0096$

- <79> 도 4에 도시한 결과에 따르면, 추세선 상부로 PSL에 의한 영역(CL1, CL2) 및 실제 파티클에 의한 영역(CL3)이 형성되고, 추세선의 하부로 마이크로 스크래치에 의한 영역(CL4)이 형성됨을 알 수 있다. 즉, 추세선을 기준으로 단차가 있는 돌출된 파티클과 단차가 없는 마이크로 스크래치가 구분될 수 있다.
- <80> 상기 결과에서 보면 크게 파티클과 마이크로 스크래치는 추세선의 상하로 범주가 구분이 되며, 추세선 위에서도 파티클의 크기(size)에 따라 CL1, CL2 및 CL3으로 영역 구분이 가능하다.
- <81> 이와 같이, P 편광 및 C 편광에 대한 두 신호에 따라 결함 특성별 신호 분포가 다름을 알 수 있으며, 해당 범주에 대한 결함 특성을 미리 정의(CL1, CL2, CL3 및 CL4)하고 검출 설비에 신호 범위를 인식시켜 저장할 경우, 다른 웨이퍼의 검사시 신호 분포에 따라 해당 결함을 미리 정의된 구분에 따라 분류할 수 있다. 즉, 별도의 재검이 없더라도 결함 검사 설비에서 자체적으로 결함을 판단 및 분류할 수 있다. 본 발명의 가장 큰 장점은 검사를 수행한 후 재검 과정을 거치기 전에 검사와 동시에 결함의 형태나 크기 등을 미리 예측 할 수 있고, 결함 수에 관계없이 신속하게 각 결함에 대한 100% 분류가 가능하다는 것이다.
- <82> PSL 또는 실제 파티클의 경우 P 편광에 의한 산란 측정치보다 C 편광에 의한 산란 측정치가 더 크고, 마이크로 스크래치의 경우 P 편광 및 C 편광에 의한 산란 측정치가 거의 비슷한 비율로 반응함을 알 수 있다. 이로써, P 편광 또는 C 편광 중 어느 하나만으로는 파티클 및 스크래치를 구분하기가 매우 어렵다는 것을 의미한다.
- <83> 이하 본 실시예에 따른 결함 분류 방법을 간략하게 설명한다.

<84> 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따른 결함 분류 방법의 순서도를 도시한 것이다.

<85> 도 4 및 도 6을 참조하면, 편광을 이용한 자동 분류 세팅에 의해 결함의 유형별 범주를 구분한다. 편광별 신호 범주 구분이 완료된 후, 실제 측정되는 웨이퍼가 스테이지 상에 로딩(loading)되고(S21) 검사 설비 자체 내에서 결함 구분이 수행된다.

<86> 광원 및 검출기를 포함하는 결함 분류 장치는 P 편광과 C 편광에 대한 스캐닝을 수행한다(S22). 이어서, 상기 수학식 2에 나타낸 추세선 식 이하에 결함 신호가 분포하면 CL4 영역에 포함되는 마이크로 스크래치로 판단한다.

<87> 추세선 이상의 결함 신호에 대한 결함의 분류를 찾기 위해 P 편광의 측정치에 의한 값을 비교한다. P 편광에 대한 PMT 전압(voltage)에 따라 0.0~1.0 정도까지는 소형 파티클(small particle)로, 1.0~2.5 정도는 중형 파티클(medium particle), 그리고 2.5~4.5 정도는 대형 파티클(large particle)로 구분이 된다.

<88> 하기 표 2는 본 실시예에 따른 결함 분류 결과를 정리한 것이다.

<89> 【표 2】

| Defect No. | X 축 | Y 축 | P편광 PMT | C편광 PMT | AutoCoding | 분류 |
|------------|------|------|---------|---------|------------|-----------------|
| 1 | 3.02 | 5.1 | 0.5 | 2.0 | CL1 | Small Particle |
| 2 | 10.1 | 3.3 | 1.5 | 3.0 | CL2 | Medium Particle |
| 3 | 5.2 | 25.6 | 2.0 | 3.0 | CL2 | Medium Particle |
| 4 | 6.3 | 11.1 | 2.0 | 2.0 | CL4 | micro-Scratch |
| 5 | 44.2 | 2.1 | 2.0 | 1.8 | CL4 | micro-Scratch |
| 6 | 12.5 | 6.8 | 3.5 | 4.0 | CL3 | Large Particle |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 100 | 32.1 | 15.6 | 3.0 | 4.0 | CL3 | Large Particle |

<90> 검사가 끝난 후, 검사 설비에는 리뷰 파일(review file)이 생성된다. 기존 리뷰 파일은 결함 번호(defect No.)에 대해 웨이퍼 상의 X 축 및 Y 축 좌표가 생성되어 위치가

특정되고, 이러한 좌표는 재검 설비에서 원하는 결함의 위치를 찾는 데 용이하게 이용된다.

- <91> 결함별로 각 결함 번호에 대응하여 편광별 PMT 전압이 저장되고, PMT 전압을 비교하여 결함의 유형을 자동으로 분별(auto coding)한다. 자동으로 분별된 값에 따라 결함의 유형이 분류된다.
- <92> 실제 적용에 있어서 X축, Y축은 S, P 및 C 세 가지 편광에 대해 설정될 수 있으며, 각축이 동일하지 않는 조건에서 다양하게 조합될 수 있다. 또한, 전술한 바에 따르면 대체로 4가지 범주로 구분하였지만, 실제에 있어서 4가지로 한정되지 않고 작업자의 선택에 따라 다양한 영역 및 충분한 개수로 설정될 수 있다.
- <93> 도 7a 내지 도 7c는 본 발명의 다른 실시예에 따라 결함의 종류를 신호에 의하여 구분한 다양한 예를 도시한 것이다. PMT 전압의 측정치 또한 소수점 형태 이외에 정수 형태로도 변환되어 사용될 수 있다.
- <94> 도 8a 내지 도 8c는 본 실시예에 따라 측정되는 결함들의 전자 현미경 사진들로서, 파티클의 크기와 산란 측정치의 관계를 설명하기 위한 것들이다.
- <95> 파티클 또는 기타 결함의 크기와 산란 측정치는 실제로 정확히 비례하지 않는 경우가 흔하다. 왜냐하면, 크기가 크더라도 평탄(flat)한 결함(도 8b 참조)의 산란 측정치는 크기가 작지만 세로로 세워진 결함(도 8a 참조)의 산란 측정치보다 작기 때문이다. 실제로 도 8a에 도시된 결함의 산란 측정치가 도 8b에 도시된 산란 측정치보다 크게 나타나는 경우가 많다.

<96> 또한, 산란 측정치는 결함의 형태에 따라 다르게 나타난다. 도 8a 내지 도 8c의 결함들 중에서 결함의 크기는 도 8b의 결함 > 도 8a의 결함 > 도 8c의 결함 순이지만, 실제 결함에 의한 공정상 미치는 영향은 도 8c의 결함 > 도 8a의 결함 > 도 8b의 결함 순이다.

<97> 종래의 검사 설비 및 재검에 의한 결함 분류 방법과 비교하여, 본 발명에 의한 결함 분류 방법은 편광에 따른 반응성 차이를 이용하여 재검(review)을 생략하여도 도 8c의 결함만 중점적으로 분류 및 관리할 수 있다.

<98> 실시예 2

<99> 도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 결함 분류 장치 및 방법을 설명하기 위한 결함 분류 장치의 평면도이며, 도 10은 도 9의 결함 분류 장치의 측면도이다. 도 11은 도 9의 결함 분류 방법을 설명하기 위하여 편광의 산란을 도시한 평면도이며, 도 12는 도 9의 결함 분류 방법을 설명하기 위하여 편광의 산란을 도시한 측면도이다.

<100> 도 9 내지 도 12를 참조하면, 결함 분류 장치(100)는 웨이퍼(W)가 놓여지는 스테이지(110), 웨이퍼(W)에 빛을 조사하여 웨이퍼(W) 상에 검사 스팟(IS)을 생성하는 광원(light source: 120), 웨이퍼(W) 및 광원(120) 사이의 빛의 경로 상에 배치되어 편광을 생성하고 편광의 특성을 조절하는 편광 조절기(130), 빛의 진행방향에 대해 좌우로 각각 약 45°정도의 각도를 이루며 배치되어 산란광을 수집하는 2개의 검출기(140)를 포함한다.

<101> 광원(120)은 수평면에 대해 기울어져, 광원으로부터 조사된 빛은 웨이퍼(W)에 약 20°정도의 입사각을 형성하며 조사된다. 광원(120)은 약 488nm 파장의 레이저를 방출한

다. 약 488nm 파장의 레이저가 안정적이기 때문에 웨이퍼(W)의 결함을 검사하기에 적합하지만, 다른 파장의 레이저 또는 빛이 검사의 목적으로 사용될 수 있다. 광원(120)은 웨이퍼(W) 전면을 순차적으로 스캐닝하여 전면에 대한 검사를 수행한다.

<102> 광원(120)으로부터 조사된 빛의 경로에는 편광 조절기(130)가 배치된다. 편광 조절기(130)는 P 편광, S 편광 및 C 편광을 생성하며, 광원(120)으로부터 조사된 레이저의 1/2파장 및 1/4파장 플레이트를 포함하며, 플레이트의 조절에 의해 상기 편광들을 생성한다.

<103> 편광 조절기(130)를 통과한 편광은 웨이퍼(W) 표면에 의해 반사되거나 표면에 있는 결함에 의해서 산란된다. 빛이 조사되는 웨이퍼(W) 상에 검사 스팟(IS)이 생성된다. 도 9에 도시된 바와 같이, 검사 스팟(IS)에 결함이 있는 경우, 빛은 산란되어 암시야 영역(dark field)에 위치한 검출기(140)에 의해 감지된다.

<104> 검출기(140)는 PMT(Photo Multiplier Tube)로 산란광의 강도를 측정하여 PMT 전압을 측정한다. 검출기(140)는 검사 스팟(IS)을 기준으로 산란 전 편광에 대해 좌우로 약 45도 정도의 각도를 형성하며 배치된다.

<105> 도 11 및 도 12에 도시된 바와 같이, 점선으로 표시된 형태는 파티클에 접한 레이저가 가장 강하게 반사되는 부분이다. 레이저 설비에서 검출기(140)의 위치는 좌우로 약 45도 정도의 각도를 이루며 배치되며, 이는 메인 반사광을 피하기 위한 것이며, 약 40도 이상 50도 이하의 범위에서 파티클의 반사신호에 대한 노이즈 비율(signal to noise ratio)이 가장 낮아 표면 효과를 배제하고 파티클을 효과적으로 검출할 수 있다. 여기서 필요 신호는 파티클에 의한 고유 신호이며, 노이즈(noise)는 패턴이 형성된 웨이퍼 상

에 패턴(pattern), 웨이퍼 표면의 거칠기(roughness) 등에 의한 신호로 결함 이외의 요인에 의한 신호를 의미한다.

<106> 도 12는 파티클에 약 20도의 입사각으로 편광이 조사되었을 때, 산란광의 거동을 도시한 것이다. 상기 검출기(140)도 웨이퍼(W)에 대해 약 10도 이상 20도 이하의 각도 범위에 배치되어 결함에 의한 산란광을 수집한다.

<107> 도 13은 본 발명의 제2 실시예에 따른 결함 분류 방법을 설명하기 위한 순서도를 도시한 것이다.

<108> 도 13을 참조하면, 스테이지, 광원 및 2개의 검출기가 제공되고(S21), 스테이지 상에는 피검체인 웨이퍼가 놓인다. 광원이 제1 레이저(LASER 1)를 조사하면(S22), 웨이퍼(W) 상의 검사 스팟(IS)에 입사된 후 반사 또는 산란된다(SCATTER 1)(S23). PMT 검출기는 제1 레이저에 의한 제1 산란광을 수집한 후(S24), 이를 검사 스팟에 대응시켜 서버에 1차 스캔 결과를 저장한다(S25).

<109> 그 다음, 광원이 제2 레이저(LASER 2)를 조사하면(S26), 웨이퍼(W) 상의 검사 스팟(IS)에 입사된 후 반사 또는 산란된다(SCATTER 2)(S27). PMT 검출기는 제2 레이저에 의한 제2 산란광을 수집한 후(S28), 이를 검사 스팟에 대응시켜 서버에 2차 스캔 결과를 저장한다(S29).

<110> 상기 1차 및 제2 차 스캔 결과를 기초로 각 검사 스팟에 대한 편광별 비율을 비교한 후(S30), 이미 얻어진 샘플 값들로부터 각 검사 스팟의 신호에 따른 결함의 종류를 분류한다(S31).

- <111> 웨이퍼의 치수나 작업 환경 또는 공정 조건에 따라 달라질 수 있으나, 예를 들어 결함 검사 설비에서 약 1020 개의 결함을 재검사하는 경우, 각 결함당 재검에 소요되는 시간을 약 2초 정도로 계산을 해도 한 웨이퍼의 재검사에 약 34분 이상이 소요된다.
- <112> 편광의 산란을 이용한 본 결함 분류 장치에 따르면, 웨이퍼 1매당 약 3분 정도 소요된다. 따라서, 두 가지 편광을 구현하기 위해서 결함 분류 장치는 2회의 스캔(Scan)을 통해 검출 및 분류되고, 이 경우 예상 소요 시간은 약 6분 정도가 된다.
- <113> 도 14는 본 발명의 제2 실시예에 따른 결과를 설명하기 위한 그래프로서, 도 2a 및 도 2b에 설명된 예와 동일한 조건에서 수득된 결과를 나타낸다.
- <114> 도 14를 참조하면, 웨이퍼 상에 나타나는 결함 전체의 수는 가로축 9에 대응하여, 약 300개로 나타난다. 이는 다른 결함이 약 100개 정도로 유지되는 것보다 현저하게 높은 것으로서, 종래의 검사 설비에서는 가로축 9에 대응하는 웨이퍼를 재검사하게 된다.
- <115> 그러나, 임계 결함(critical defect)은 제2 타입(TYPE 2)이고, 제2 타입의 결함의 개수가 공정을 수율을 결정하는 중요 요소가 된다. 본 실시예에 따른 결함 분류 방법 및 장치에 의하면, 웨이퍼 상의 결함의 개수 및 결함의 종류를 동시에 구별할 수 있으며, 각 종류에 따른 결함의 개수를 동시에 구할 수 있다.
- <116> 실제로 가로축 9에 대응하는 제2 타입의 결함의 개수는 약 45개, 가로축 3에 대응하는 제2 타입의 결함의 개수는 약 80개로 나타난다. 종래의 방법에서는 가로축 3에 대응하는 웨이퍼는 통과시키고, 가로축 9에 대응하는 웨이퍼는 재검(review)을 거친다. 하지만, 본 발명에 따른 분류 방법은 검사 설비에서 결함의 종류별 개수를 알 수 있기 때문에, 실제 적용 시에 검사와 동시에 신호별 결함을 분류할 수 있으며, 도 12에 도시한

바와 같이 임계 결함(critical defect)까지 검사할 수 있다. 또한, 결함 전체 개수와 무관하게 임계 결함의 개수에 따른 모니터링(monitoring)이 가능하다. 더욱이, 가로축 3에 대응하는 웨이퍼를 미리 추출 및 검사하여 반도체 제조의 수율을 향상시킬 수 있다. 종래의 수작업에 의한 분류와는 다르게 결함의 개수가 많아도 스캐닝에 필요한 시간은 동일하기 때문에 시간의 지연이 생기지 않는다.

<117> 또한, 측정 시간의 단축 외에도 다른 장점을 갖는다. 현재 반도체 생산라인 내에서 작업자들이 결함을 분류할 때 100% 모두 재검사하지는 못하는 실정이다. 현실적으로 결함 개수가 수백 개 이상이 넘을 때는 전체 결함의 10~20%조차도 재검하지 않고 임의로(at random) 재검사하여 분류한 다음, 일정한 배수를 곱하여 전체 결함을 분류하고 있다. 이러한 방법은 실제로 비정상인 웨이퍼를 정상으로 판단하여 전체적인 수율을 감소시킬 수 있다. 그러나, 본 발명에 따른 결함 분류 방법 및 장치는 전체 결함을 객관적으로 판단하고 분류하기 때문에 공정에 대한 정확한 판단을 가능하게 한다.

<118> 예를 들어 2매의 웨이퍼에 있어서, 한 웨이퍼에서 약 1000개, 다른 웨이퍼에서 약 500개의 결함이 검출되지만, 약 1000개가 검출된 웨이퍼에서 임계 결함(critical defect)이 1개정도 존재하고, 약 500개가 검출된 웨이퍼에서는 임계 결함이 10개정도 존재할 수 있다. 이때 대부분의 작업자는 이것을 정확하게 파악하여 분류 할 수가 없다. 왜냐하면, 작업자는 현실적으로 임의로 추출하여 재검사하는 방식을 택하고 있기 때문이다. 만일, 작업자가 일일이 1000개 또는 500개의 결함을 모두 재검사한다고 해도, 1500개 이상의 재검시 작업 피로도에 의해 판별력이 흐려지게 되어 정확한 재검사가 수행되지 않을 수도 있다.

<119> 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 수백 개 또는 수천 개의 결함이 나와도 분류 시간에 전혀 영향을 미치지 않고, 웨이퍼 상의 모든 결함들을 동일한 시간에 100% 검사하여 분류할 수 있다.

<120> 실시예 3

<121> 도 15는 본 발명의 제3 실시예에 따른 결함의 분류 방법 및 장치를 설명하기 위한 결함 분류 장치의 평면도이며, 도 16은 본 발명의 제3 실시예에 따른 분류 방법의 순서도이다.

<122> 도 15를 참조하면, 본 실시예에 따른 결함 분류 장치(200)는, 웨이퍼(W)가 놓여지는 스테이지(210), 웨이퍼(W)에 제1 광(L1)을 조사하여 웨이퍼(W) 상에 검사 스팟(IS)을 생성하는 제1 광원(light source: 220), 제1 광원(220)에 대향하게 배치되며 검사 스팟(IS)에 제2 광(L2)을 조사하는 제2 광원(225), 웨이퍼(W) 및 제1 광원(220) 사이의 제1 광(L1)의 경로 상에 배치되어 편광을 생성하고 편광의 특성을 조절하는 제1 편광 조절기(230), 웨이퍼(W) 및 제2 광원(225) 사이의 제2 광(L2)의 경로 상에 배치되어 편광을 생성하고 편광의 특성을 조절하는 제2 편광 조절기(235), 제1 광(L1)의 진행방향에 대해 좌우로 각각 약 45도 정도의 각도를 이루며 배치되어 제1 산란광(SL1)을 수집하는 2개의 제1 검출기(240), 그리고 제2 광(L2)의 진행방향에 대해 좌우로 각각 약 45도 정도의 각도를 이루며 배치되어 제2 산란광(SL2)을 수집하는 2개의 제2 검출기(245)를 포함한다.

<123> 제1 및 제2 광원(220, 225)은 웨이퍼(W)의 상면에 대해 기울어져 상호 대향하게 배치되며, 제1 및 제2 광원(220, 225)으로부터 조사된 제1 및 제2 광(L1, L2)은 웨이퍼(W)에 각각 약 20도의 입사각을 형성하며 조사된다. 제1 및 제2 광원(220, 225)은 모두

488nm 파장의 레이저를 방출한다. 약 488nm 파장의 레이저가 안정적이기 때문에 웨이퍼(W)의 결함을 검사하기에 적합하지만, 다른 파장의 레이저 또는 빛이 검사의 목적으로 사용될 수 있다. 광원(120)은 웨이퍼(W) 전면을 순차적으로 스캐닝하여 전면에 대한 검사를 수행한다. 또한, 제1 및 제2 광원(220, 225)이 서로 대향하게 배치되어 약 180도의 각도를 형성하지만, 상호의 기능에 치명적인 영향을 주지 않는 한 180도 이외의 각도로 배치되어 결함 분류를 수행할 수 있다.

<124> 제1 및 제2 광(L1, L2)의 경로에는 각각 제1 및 제2 편광 조절기(230, 235)가 배치된다. 제1 및 제2 편광 조절기(230, 235)는 P 편광, S 편광 및 C 편광을 생성하며, 광원들(220, 225)로부터 조사된 레이저의 1/2파장 및 1/4파장 플레이트를 포함하며, 플레이트의 조절에 의해 상기 편광들을 생성한다. 본 발명에 따른 결함 분류 방법을 수행하기 위해서 제1 및 제2 편광 조절기(230, 235)에 의해서 생성되는 편광은 서로 다른 종류인 것이 바람직하다.

<125> 제1 편광 조절기(230)에 의해서 P 편광이 생성되며, P 편광은 웨이퍼(W) 표면에 의해 반사되거나 웨이퍼 표면에 있는 결함에 의해서 산란된다. P 편광에 의해서 편광이 조사되는 지점에는 검사 스팟(IS)이 생성된다. 도 13에 도시된 바와 같이, 검사 스팟(IS)에 결함이 있는 경우, 빛은 산란되어 암시야 영역(dark field)에 위치한 제1 검출기(240)에 의해 감지된다.

<126> 제1 검출기(240)는 PMT(Photo Multiplier Tube)로 제1 산란광(SL1)의 강도를 측정하여 PMT 전압을 측정한다. 제1 검출기(240)는 검사 스팟(IS)을 기준으로 산란 전 P 편광의 진행방향에 대해 좌우로 약 45도 정도의 각도를 형성하며 배치된다.

- <127> 제2 편광 조절기(235)에 의해서 C 편광이 생성되며, C 편광은 웨이퍼(W) 표면에 의해 반사되거나 웨이퍼 표면에 있는 결함에 의해서 산란된다. C 편광은 제1광원이 조사되는 검사 스팟(IS)에 동일하게 조사된다. P 편광과 같이, 검사 스팟(IS)에 결함이 있는 경우, 빛은 산란되어 암시야 영역(dark field)에 위치한 제2 검출기(245)에 의해 감지된다.
- <128> 제2 검출기(245)는 PMT로 제2 산란광(SL1)의 강도를 측정하여 PMT 전압으로 전환한다. 제2 검출기(245)는 검사 스팟(IS)을 기준으로 산란 전 C 편광의 진행방향에 대해 좌우로 약 45도 정도의 각도를 형성하며 배치된다.
- <129> 본 실시예에서 제1 광 및 제2 광으로부터 각각 P 편광 및 C 편광을 생성하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니하며, 이외의 P 편광-S 편광의 조합 및 S 편광 및 C 편광의 조합 등 다른 편광들의 조합을 사용하여 결함 타입에 따른 분류를 할 수 있다.
- <130> 메인 반사광을 피하기 위하여, 제1 및 제2 검출기(240, 245)의 위치는 각 광원(220, 225)에 대해 좌우로 약 45도 정도의 각도로 설치되기 때문에, 약 40도 이상 50도 이하의 범위에서 파티클의 반사신호에 대한 노이즈 비율(signal to noise ratio)이 가장 낮아 표면 효과를 배제하고 파티클을 효과적으로 검출할 수 있다. 여기서, 필요 신호는 파티클에 의한 고유 신호이며, 노이즈(noise)는 패턴이 형성된 웨이퍼 상에 패턴(pattern), 웨이퍼 표면의 거칠기(roughness) 등에 의한 신호로 결함 이외의 요인에 의한 신호를 의미한다.
- <131> 제1 및 제2 광원(220, 225)은 웨이퍼 평면에 대해 약 20도의 입사각으로 조사되며, 광원에 대응하는 제1 및 제2 검출기(240, 245)도 웨이퍼(W)에 대해 10도 이상 20도 이하의 각도 범위에 배치되어 결함에 의한 제1 및 제2 산란광(SL1, SL2)을 수집한다.

<132> 도 16은 본 발명의 제3 실시예에 따른 결함 분류 방법을 설명하기 위한 순서도를 도시한 것이다.

<133> 전술한 제1 실시예에서는 1개의 광원을 사용하여 P 편광에 대한 산란광을 측정 한 후, C 편광에 대한 산란광을 측정한다. 이에 비하여, 본 실시예에서는 2개의 광원을 이용하여 P 편광 및 C 편광이 동일 검사 스팟에 조사하여 각 편광에 대한 측정치를 동시에 얻는 것을 특징으로 한다. 2개의 편광에 대해 동시에 반응성을 기억하고, 검사 설비 자체에서 실시간으로 결함을 분류할 수 있다.

<134> 도 16을 참조하면, 스테이지, 제1 및 제2 광원, 2개의 제1 검출기 및 2개의 제2 검출기가 제공되고, 스테이지 상에는 피검체인 웨이퍼가 놓인다. 제1 광원(220)이 제1 광(L1)을 조사하는 동시에(S31), 제2 광원(225)은 제2 광(L2)을 조사한다(S32). 제1 광(L1)이 제1 편광 조절기(230)를 통과하여 P 편광이 생성되고, P 편광은 검사 스팟(IS)에 조사되어 반사 또는 산란된다(S33). 이때, 제2 광(L2)이 제2 편광 조절기(235)를 통과하면서 C 편광이 생성되고, C 편광은 P 편광이 조사되고 있는 검사 스팟(IS)에 조사되어 반사 또는 산란된다(S34).

<135> 검사 스팟(IS)에서 산란된 제1 산란광(SL1) 및 제2 산란광(SL2)은 각각 제1 및 제2 검출기(240, 245)에 수집된다(S35, S36).

<136> 제1 산란광(SL1) 및 제2 산란광(SL2)에 대응하여 P 편광 및 C 편광에 대한 각 결함에서의 PMT 전압이 생성되며, 각 편광별 PMT 전압을 비교하여(S37) 결함의 종류를 지정한다(S38).

<137> 한 검사 스팟에 대한 산란치를 측정 한 후, 다른 검사 스팟을 검사함으로써 결함 분류 장치는 웨이퍼의 전면을 스캐닝한다.

<138> 상술한 제2 실시예에 따른 결함 분류 방법에서 편광의 산란을 이용한 본 결함 분류 장치는 웨이퍼 1매당 약 3분 정도가 소요되며, 결함을 분류하기 위해 두 가지 편광을 사용하여 2회 스캔(Scan)을 하여야 하기 때문에 결함 분류를 완료하기 위한 시간은 약 6분 정도가 된다. 이에 비하여, 본 실시예에서와 같이, 한 검사 스팟에 대해 대향하는 2개의 광원이 동시에 빛을 조사하고 각 검출기가 산란광을 측정하기 때문에 한 웨이퍼 당 결함 분류를 위한 스캐닝을 약 3분 정도로 단축될 수 있다.

<139> 실시예 4

<140> 도 17은 본 발명의 제4 실시예에 따른 결함의 분류 방법 및 장치를 설명하기 위한 결함 분류 장치의 평면도이다.

<141> 본 실시예에 따르면, 제3 실시예와는 달리, 1개의 광원을 사용하고, 광경로 전환 부재를 이용하여 광원에서 조사된 메인 광을 2 경로의 빛으로 나누는 것을 특징으로 한다. 따라서, 본 실시예에서 1개의 광원 및 메인 광을 부분적으로 분리하여 양 방향에 대해 조사하는 광경로 전환 부재를 중점적으로 설명하며, 그 외의 반복되는 설명은 생략한다.

<142> 도 17을 참조하면, 본 실시예에 따른 결함 분류 장치(300)는, 웨이퍼(W)가 놓여지는 스테이지(310), 웨이퍼(W)에 검사 스팟(IS)을 생성하기 위해 메인 광(ML)을 조사하는 광원(320), 메인 광(ML)의 일부를 통과시켜 제1 광(L1)을 생성하고 나머지의 경로를 전환하여 제2 광(L2)을 생성하는 광경로 전환 부재(350), 제1 광(L1)의 경로 상에 배치되

어 편광을 생성하고 편광의 특성을 조절하는 제1 편광 조절기(330), 제2 광(L2)의 경로 상에 배치되어 편광을 생성하고 편광의 특성을 조절하는 제2 편광 조절기(335), 제1 광(L1)의 입사방향에 대해 좌우로 각각 약 45도 정도의 각도를 이루며 배치되어 제1 산란광(SL1)을 수집하는 2개의 제1 검출기(340), 그리고 제2 광(L2)의 입사방향에 대해 좌우로 각각 약 45도 정도의 각도를 이루며 배치되어 제2 산란광(SL2)을 수집하는 2개의 제2 검출기(345)를 포함한다.

<143> 광경로 전환 부재(350)는 메인 광(ML)을 부분적으로 투과하여 제1 광(L1) 및 제2 광(L2)을 생성하는 제1 미러(352), 제1 미러(352)에 대응하게 배치되어 제2 광(L2)을 반사하는 제2 미러(354), 제2 미러(354)와 마주보게 배치되어 제2 미러(354)로부터 반사된 제2 광(L2)을 반사하는 제3 미러(356), 및 제3 미러(356)에 대응하게 배치되어 제3 미러(356)로부터 반사된 제2 광(L2)을 검사 스팟(IS)으로 반사시키는 제4 미러(358)를 포함한다. 즉, 광경로 전환 부재(350)는 제1 미러(352)를 사용하여 메인 광(ML)을 제1 광(L1) 및 제2 광(L2)으로 분리하고, 제2 광(L2)이 제1 광(L1)에 대향하게 검사 스팟(IS)에 조사하도록 제2 광(L2)의 경로를 전환한다.

<144> 광원(320)으로부터 방출되는 메인 광(ML)은 약 488nm 파장의 레이저이며, 광경로 전환 부재(350)를 통과하여 생성된 제1 및 2 광은 편광 조절기(330, 335)를 통과하여 웨이퍼(W)에 각각 약 20도의 입사각으로 조사된다.

<145> 제1 및 제2 광(L1, L2)의 경로, 즉 제1 미러(352)와 검사 스팟(IS) 사이 및 제4 미러(358)와 검사 스팟(IS) 사이에는 각각 제1 및 제2 편광 조절기(330, 335)가 배치된다. 제1 및 제2 편광 조절기(330, 335)는 P 편광, S 편광 및 C 편광을 생성하며, 1/2파장 및 1/4파장 플레이트를 포함한다. 편광 조절기들(330, 335)은 플레이트의 조합에 의해 편

광들을 생성한다. 본 발명을 수행하기 위해서 제1 및 제2 편광 조절기(330, 335)에 의해서 생성되는 편광은 서로 다른 종류인 것이 바람직하다.

<146> 본 실시예에서는 제1 편광 조절기(330)에 의해서 P 편광이 생성되며, 제2 편광 조절기(235)에 의해서 C 편광이 생성된다. P 편광 및 C 편광은 검사 스팟(IS)에 위치한 결함에 의해서 산란되고, 이로부터 생성된 제1 및 제2 산란광(SL1, SL2)은 각각 제1 및 제2 검출기(340, 345)에 수집된다. 본 실시예에서 제1 광 및 제2 광으로부터 각각 P 편광 및 C 편광을 생성하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니하며, 이외의 P 편광-S 편광의 조합 및 S 편광 및 C 편광의 조합 등 다른 편광들의 조합을 사용하여 결함 타입에 따른 분류를 할 수 있다.

<147> 제1 및 제2 검출기(340, 345)는 제1 및 제2 광(L1, L2)의 입사방향에 대해 각각 좌우로 약 45도 벌어진 위치에 설치된다. 이는, 약 40도 이상 50도 이하의 범위에서 파티클의 반사 신호에 대한 노이즈 비율(signal to noise ratio)이 가장 낮아 표면 효과를 배제하고 파티클을 효과적으로 검출할 수 있기 때문이다.

【발명의 효과】

<148> 본 발명에 따르면, 검사 설비 자체에서 결함 개수 파악 및 종류별 분류가 가능하기 때문에 재검 시간을 단축할 수 있으며, 이는 현재 반도체 생산라인 내 재검 물량을 감안할 때 현저하게 시간을 단축시킬 수 있다.

<149> 또한, 결함의 개수와 무관하게 피검체를 스캔하는 시간은 동일하여 수만 개 이상의 결함도 신속하게 처리할 수 있으며, 임의의 추출에 따른 방식이 아닌 피검체 상의 모든 결함을 객관적으로 확인하기 때문에 검사 결과에 대한 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

<150> 더욱이, 재검에 대한 의존성을 감소시켜, 재검 설비 투자비를 절감할 수 있으며, 재검 과정이 검사 설비에서 자동으로 진행되어 작업자 없는 라인의 설계가 가능하다.

<151> 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예들을 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

피검체 상에 검사 스폿을 생성하기 위해 서로 다른 광들을 조사하는 단계;

상기 광들이 상기 검사 스폿으로부터 각각 산란되어 생성된 산란광들을 수집하는 단계; 및

상기 산란광들을 분석하여 상기 검사 스폿에 위치한 상기 피검체 상의 결함을 결함의 타입에 따라 분류하는 단계를 구비하는 결함 분류 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 피검체 상에 검사 스폿을 생성하기 상기 광들을 조사하는 단계는 상기 검사 스폿에 제1 광 및 제2 광을 조사하는 단계를 포함하며, 상기 제1 광 및 제2 광이 상기 검사 스폿에서 산란되어 제1 산란광 및 제2 산란광이 생성되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 편광 조절기를 이용하여 상기 제1 광으로부터 제1 편광을 생성하는 단계 및 상기 제2 광으로부터 제2 편광을 생성하는 단계를 더 포함하며, 상기 제1 편광 및 제2 편광이 상기 검사 스폿에 조사되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 4】

제3항에 있어서, 상기 제1 및 제2 편광은 P 편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중에서 각기 선택된 서로 다른 하나인 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 5】

제2항에 있어서, 상기 제1 광 및 제2 광은 상호 대향하게 조사되는 것을 특징으로 하는 결합 분류 방법.

【청구항 6】

제5항에 있어서, 상기 제1 광을 조사하기 위한 제1 광원 및 상기 제1 광원에 대향하게 배치되어 상기 제2 광을 조사하기 위한 제2 광원이 제공되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 분류 방법.

【청구항 7】

제2항에 있어서, 광원으로부터 메인 광을 조사하는 단계 및 상기 메인 광으로부터 상기 제1 광을 생성하고 나머지에서부터 상기 제2 광을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합 분류 방법.

【청구항 8】

제7항에 있어서, 상기 메인 광의 일부를 통과시켜 상기 제1 광을 생성하고, 상기 메인 광의 나머지의 경로를 전환하여 상기 제2 광을 생성하는 것을 특징으로 하는 결합 분류 방법.

【청구항 9】

제8항에 있어서, 상기 메인 광을 부분적으로 투과하여 상기 제1 광 및 제2 광을 생성하는 제1 미러, 상기 제1 미러에 대응하는 제2 미러, 상기 제2 미러와 마주보는 제3 미러 및 상기 제3 미러에 대응하여 상기 제1 미러에 대향하게 배치된 제4 미러를 포함하는 광경로 전환 부재가 제공되며, 상기 광경로 전환 부재에 의해서 상기 메인 광으로

부터 상기 제1 광 및 제2 광이 생성되며, 상기 제1 내지 제4 미러에 의해서 상기 제2 광이 상기 검사 스팟으로 조사되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 10】

제9항에 있어서, 상기 광경로 전환 부재를 통과한 상기 제2 광은 상기 제1 광에 대향하여 상기 검사 스팟에 조사되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 11】

제7항에 있어서, 상기 제1 광의 경로 및 상기 제2 광의 경로에 각각 배치된 편광조절기를 이용하여 제1 편광 및 제2 편광을 생성하며, 상기 제1 및 제2 편광은 P 편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중에서 각기 선택된 서로 다른 하나인 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 12】

제1항에 있어서, 상기 검사 스팟을 생성하기 위해 상기 광을 조사하는 단계 및 상기 검사 스팟으로부터 생성된 상기 산란광을 수집하는 단계는 상기 광에 따라 순차적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 13】

제12항에 있어서, 상기 광들은 동일한 광원에서 조사되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 14】

제1항에 있어서, 상기 광들은 상기 피검체의 입사면에 10 이상 30도 이하의 각도로 입사되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 15】

제1항에 있어서, 상기 각 산란광은 상기 검사 스폿을 기준으로 상기 각각 대응하는 광의 조사 방향에 대해 40도 이상 50도 이하의 각도 범위 내에서 수집되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 16】

제1항에 있어서, 상기 검사 스폿에 위치한 상기 피검체 상의 결함을 결함의 타입에 따라 분류하는 단계는, 상기 산란광들의 측정치의 조합을 미리 설정된 샘플치들과 비교하고, 일치하는 샘플치에 대응하는 상기 결함의 타입으로 상기 검사 스폿에 위치한 결함을 정의하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 17】

제16항에 있어서, 상기 적어도 하나의 피검체가 갖는 결함을 직접적 또는 간접적으로 검사하여 상기 샘플치들을 정의하는 단계를 더 포함하며, 정의된 샘플치들과 상기 산란광들의 측정값을 비교하여 결함을 분류하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 18】

제1항에 있어서, 상기 결함의 타입 중 특정 타입의 결함을 포함하는 피검체를 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 19】

피검체 상에 검사 스폿을 생성하기 위해 서로 다른 종류의 광들을 조사하는 광 생성 수단; 및

상기 광들이 상기 검사 스팟으로부터 산란되어 각기 생성된 산란광들을 수집하기 위한 검출 부재를 구비하며,

상기 산란광들을 분석하여 상기 검사 스팟에 위치한 상기 피검체 상의 결함을 결함의 타입에 따라 분류하는 결함 분류 장치.

【청구항 20】

제19항에 있어서, 상기 광 생성 수단은 적어도 하나의 레이저 광원을 포함하며, 상기 광원 및 상기 검사 스팟 사이의 상기 빛들의 경로 상에 배치되어 편광을 생성하고 상기 편광의 특성을 조절하는 편광 조절기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

【청구항 21】

제20항에 있어서, 상기 편광 조절기는 상기 광들로부터 P 편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나를 생성하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

【청구항 22】

제21항에 있어서, 상기 편광 조절기는 상기 광들에 대응하는 1/2 파장 플레이트 및 1/4 파장 플레이트를 포함하며, 상기 플레이트들의 조합을 통해 상기 편광들을 생성하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

【청구항 23】

제19항에 있어서, 상기 광 생성 수단은 상기 피검체에 10도 이상 30도 이하의 각도 범위 내에서 상기 광들을 조사하는 적어도 하나의 레이저 광원을 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

【청구항 24】

제19항에 있어서, 상기 검출 부재는 상기 피검체 상의 평면에서 상기 검사 스폿을 중심으로 상기 광들의 각 진행방향에 대해 40도 이상 50도 이하의 범위에 위치하는 적어도 하나의 검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

【청구항 25】

피검체 상에 검사 스폿을 생성하기 위해 제1 광을 조사하는 단계;

상기 제1 광이 상기 검사 스폿으로부터 산란되어 생성된 제1 산란광을 제1 검출기로 수집하는 단계;

상기 검사 스폿에 제2 광을 조사하는 단계;

상기 제2 광이 상기 검사 스폿으로부터 산란되어 생성된 제2 산란광을 제2 검출기로 수집하는 단계; 및

상기 제1 산란광 및 제2 산란광을 분석하여 상기 검사 스폿에 위치한 결함을 결함의 타입에 따라 분류하는 단계를 포함하는 결함 분류 방법.

【청구항 26】

제25항에 있어서, 상기 제1 및 제2 광은 상기 검사 스폿을 기준으로 서로 대향하게 조사되며, 상기 피검체의 입사면에 10도 이상 30도 이하의 각도 범위 내에서 입사되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 27】

제25항에 있어서, 상기 제1 산란광 및 제2 산란광은 상기 검사 스폿을 기준으로 상기 각 제1 광 및 제2 광의 조사 방향에 대해 40도 이상 50도 이하의 각도 범위 내에서 수집되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 28】

제25항에 있어서, 상기 제1 광 및 제2 광은 P·편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중 선택된 서로 다른 하나인 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 29】

피검체 상에 검사 스폿을 생성하기 위해 제1 광을 조사하는 제1 광원;

상기 제1 광이 상기 검사 스폿으로부터 산란되어 생성된 제1 산란광을 수집하는 적어도 하나의 제1 검출기;

상기 검사 스폿에 제2 광을 조사하는 제2 광원; 및

상기 제2 광이 상기 검사 스폿으로부터 산란되어 생성된 제2 산란광을 수집하는 적어도 하나의 제2 검출기를 구비하며,

상기 제1 산란광 및 제2 산란광을 분석하여 상기 검사 스폿에 위치한 상기 피검체 상의 결함을 결함의 타입에 따라 분류하는 결함 분류 장치.

【청구항 30】

제29항에 있어서, 상기 제1 및 제2 광원은 상기 검사 스폿을 기준으로 서로 대향하게 배치되며, 상기 피검체에 10도 이상 30도 이하의 각도 범위 내에서 상기 제1 광 및 제2 광을 조사하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

【청구항 31】

제29항에 있어서, 상기 제1 및 제2 검출기는 상기 피검체 상의 평면에서 상기 검사 스폿을 중심으로 각각 상기 제1 광 및 제2 광의 진행방향에 대해 40도 이상 50도 이하의 범위에 위치하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

【청구항 32】

제29항에 있어서, 상기 제1 광의 경로에 배치되고 상기 제1 광에 대응하는 1/2 파장 플레이트 및 1/4 파장 플레이트를 포함하며, 상기 제1 광으로부터 P 편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중 선택된 하나를 생성하는 제1 편광 조절기; 및

상기 제2 광의 경로에 배치되고 상기 제2 광에 대응하는 1/2 파장 플레이트 및 1/4 파장 플레이트를 포함하여, 상기 제2 광으로부터 P 편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중 선택된 하나를 생성하는 제2 편광 조절기를 더 포함하는 결함 분류 장치.

【청구항 33】

피검체 상에 검사 스폿을 생성하기 위해 메인 광을 조사하는 단계;

상기 메인 광을 분리하여 제1 광 및 제2 광을 생성하는 단계;

제1 검출기를 이용하여 상기 제1 광이 상기 검사 스폿으로부터 산란되어 생성된 제1 산란광을 수집하는 단계;

제 2 검출기를 이용하여 상기 제2 광이 상기 검사 스팟으로부터 산란되어 생성된 제2 산란광을 수집하는 단계; 및

상기 제1 및 제2 산란광의 측정치를 분석하여 상기 검사 스팟에 위치한 결함을 결함의 타입에 따라 분류하는 단계를 구비하는 결함 분류 방법.

【청구항 34】

제33항에 있어서, 상기 메인 광을 부분적으로 투과하여 상기 제1 광 및 제2 광을 생성하는 제1 미러, 상기 제1 미러에 대응하는 제2 미러, 상기 제2 미러와 마주보는 제3 미러 및 상기 제3 미러에 대응하여 상기 제1 미러에 대향하게 배치된 제4 미러를 포함하는 광경로 전환부재가 제공되며, 상기 광경로 전환부재에 의해서 상기 메인 광으로부터 상기 제1 광 및 제2 광이 생성되며, 상기 제1 내지 제4 미러에 의해서 상기 제2 광이 상기 검사 스팟으로 조사되는 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 35】

제33항에 있어서, 상기 제1 광의 경로 및 상기 제2 광의 경로에 각각 배치된 편광 조절기를 이용하여 제1 편광 및 제2 편광을 생성하며, 상기 제1 및 제2 편광은 P 편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중에서 각기 선택된 서로 다른 하나인 것을 특징으로 하는 결함 분류 방법.

【청구항 36】

피검체 상에 검사 스팟을 생성하기 위해 상기 피검체에 메인 광을 조사하는 광원;

상기 메인 광의 일부를 통과시켜 제1 광을 생성하고, 나머지의 경로를 전환하여 제2 광을 생성하고, 상기 검사 스폿으로 상기 제2 광의 경로를 전환하는 광경로 전환부재;

상기 피검체에 인접하게 배치되며, 상기 제1 광이 상기 검사 스폿으로부터 산란되어 생성된 제1 산란광을 수집하는 제1 검출기; 및

상기 피검체에 인접하게 배치되며, 상기 제2 광이 상기 검사 스폿으로부터 산란되어 생성된 제2 산란광을 수집하는 제2 검출기를 구비하며,

상기 제1 및 제2 산란광의 측정치를 분석하여 상기 검사 스폿에 위치한 결함을 결함의 타입에 따라 분류하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

【청구항 37】

제36항에 있어서, 상기 광경로 전환부재는 상기 메인 광을 부분적으로 투과하여 제1 광 및 제2 광을 생성하는 제1 미러, 상기 제1 미러에 대응하게 배치되어 상기 제2 광을 반사하는 제2 미러, 상기 제2 미러와 마주보게 배치되어 상기 제2 광을 반사하는 제3 미러 및 상기 제3 미러에 대응하게 배치되어 상기 검사 스폿으로 상기 제2 광을 반사시켜 조사하는 제4 미러를 포함하는 것을 특징으로 하는 결함 분류 장치.

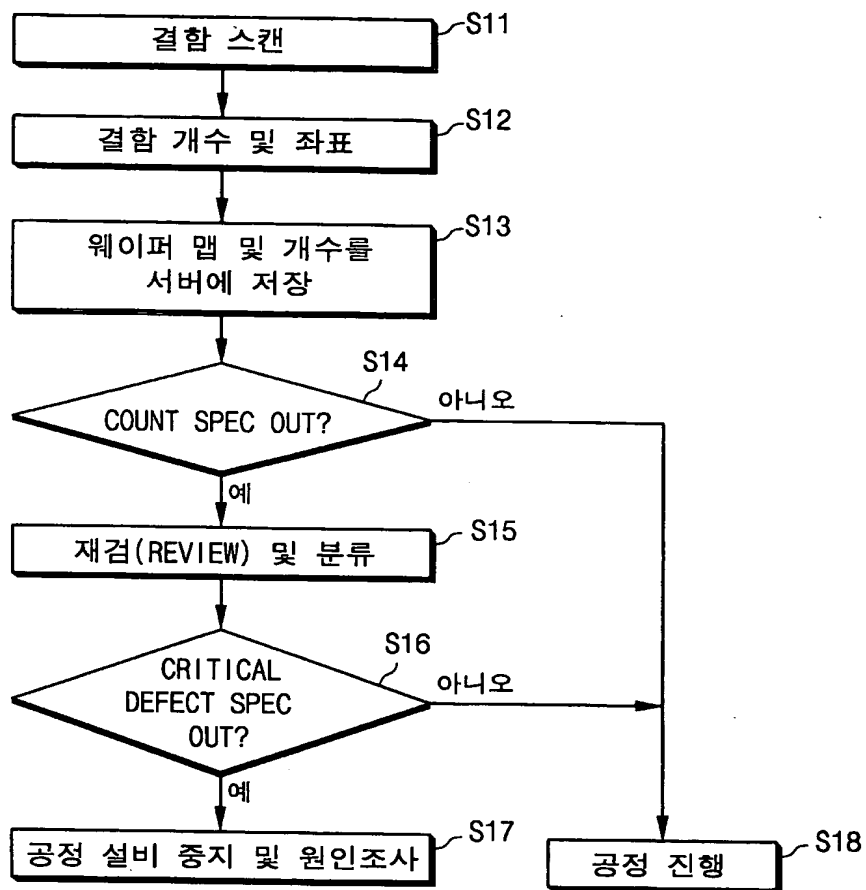
【청구항 38】

제36항에 있어서, 상기 제1 광의 경로에 배치되고 상기 제1 광에 대응하는 1/2 파장 플레이트 및 1/4 파장 플레이트를 포함하여, 상기 제1 광으로부터 P 편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중 선택된 하나를 생성하는 제1 편광 조절기; 및

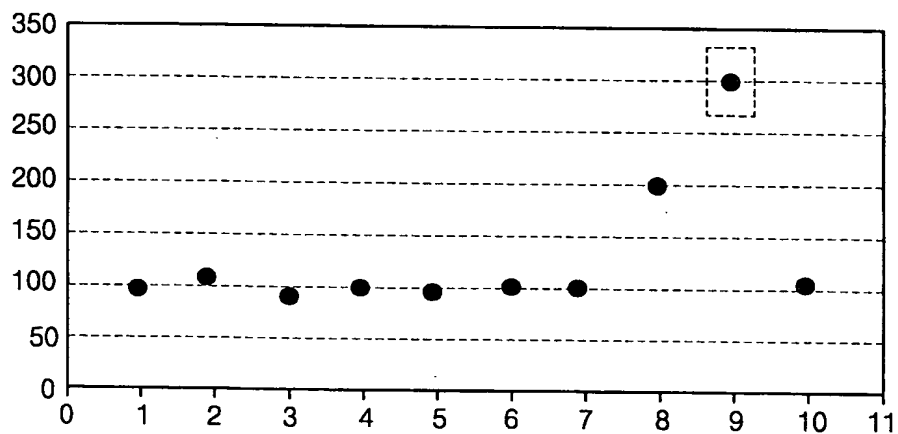
상기 제2 광의 경로에 배치되고 상기 제2 광에 대응하는 1/2 파장 플레이트 및 1/4 파장 플레이트를 포함하여, 상기 제2 광으로부터 P 편광, S 편광 및 C 편광으로 이루어진 그룹 중 선택된 하나를 생성하는 제2 편광 조절기를 더 포함하는 결함 분류 장치.

【도면】

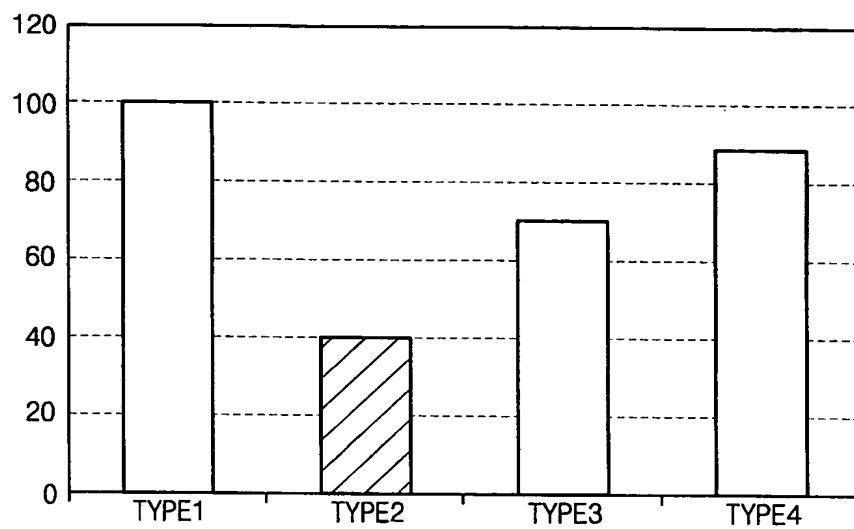
【도 1】



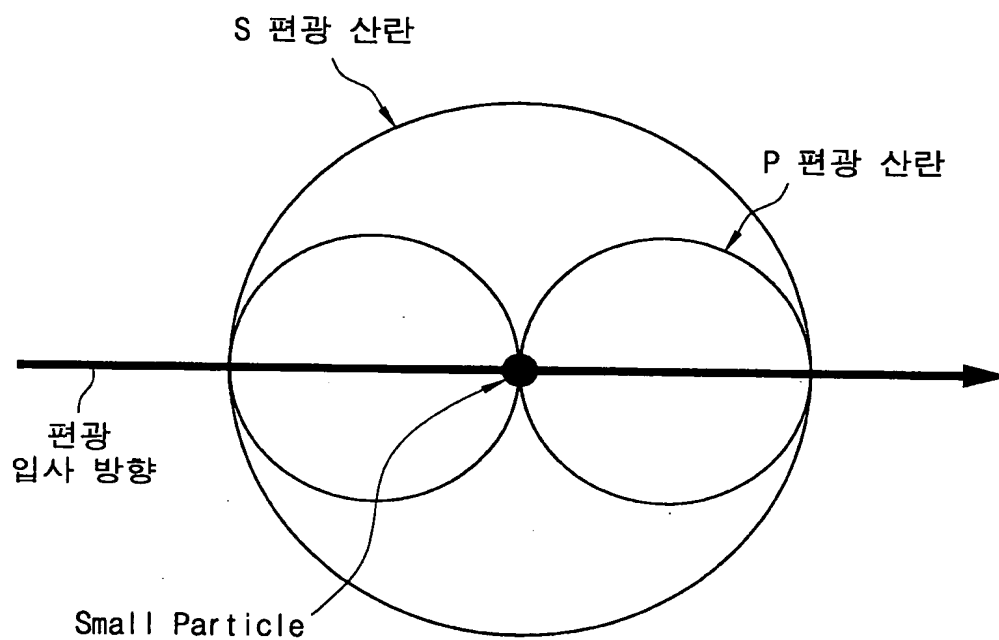
【도 2a】



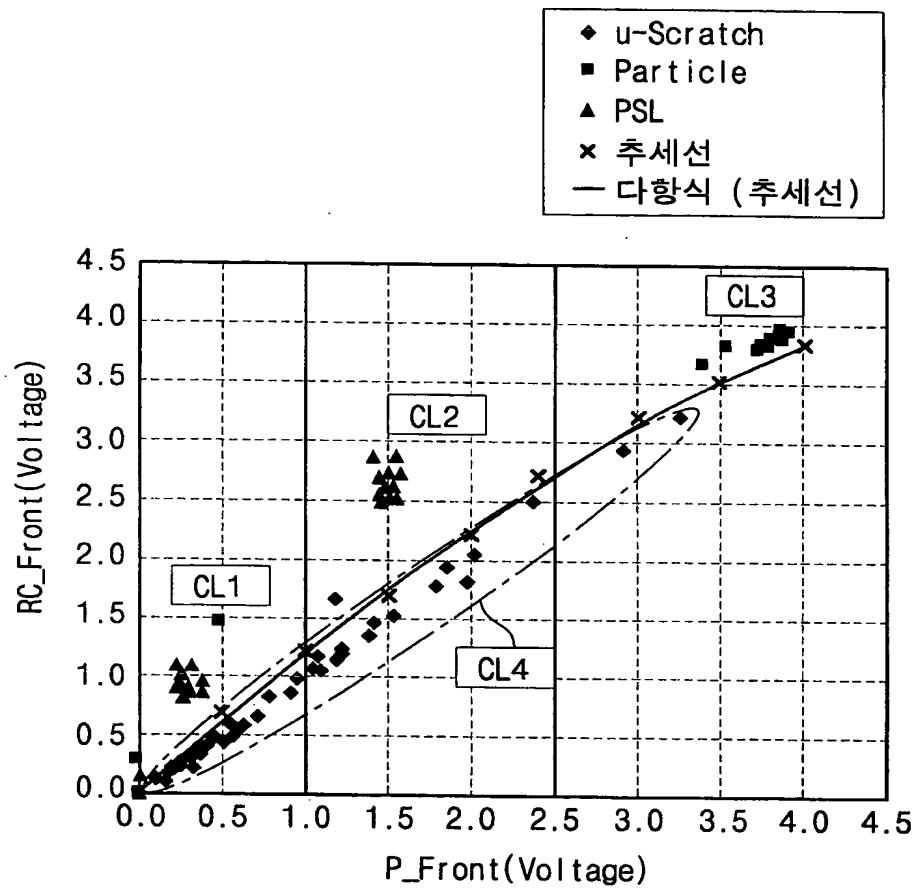
【도 2b】



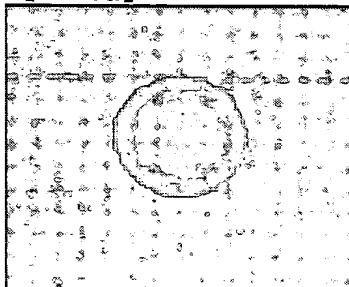
【도 3】



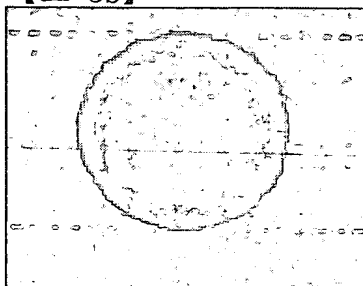
【도 4】



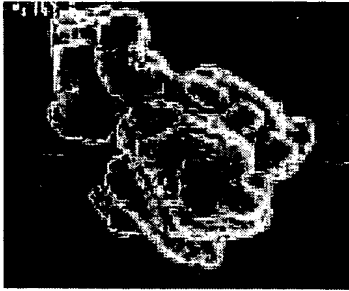
【도 5a】



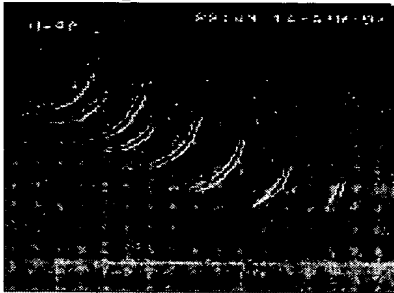
【도 5b】



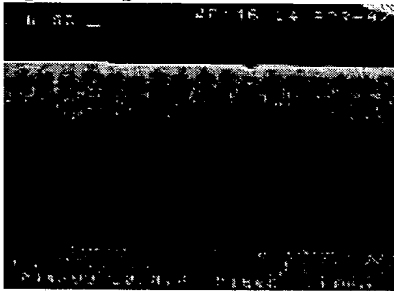
【도 5c】



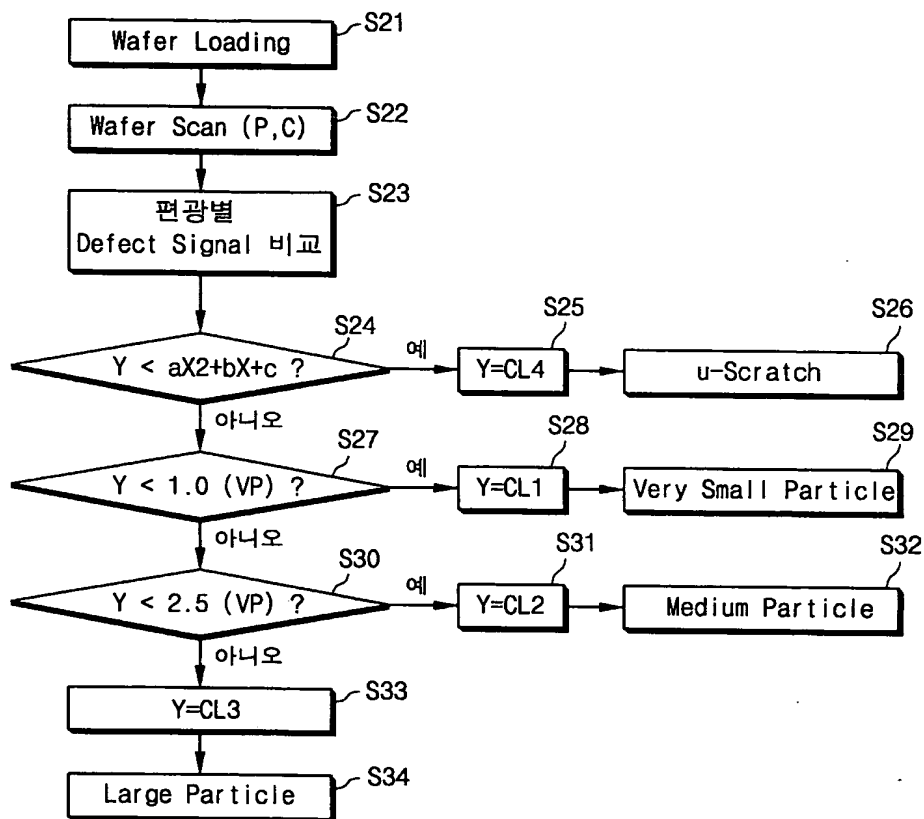
【도 5d】



【도 5e】



【도 6】



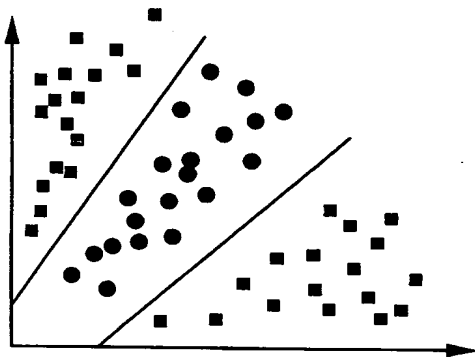
Y = Circular 편광에 의한 난반사를
Detect한 PMT Voltage Value

X = P 편광에 의한 난반사를
Detect한 PMT Voltage Value

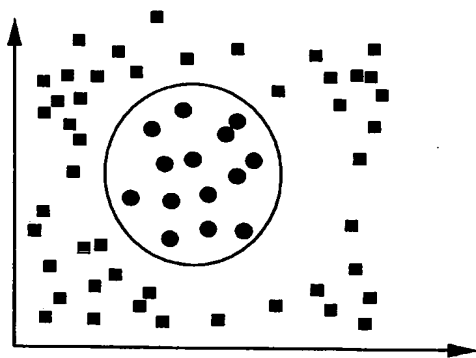
VP = PMT Voltage (P편광)

추세선 ($a=-0.0856/$ $b=1.2981/$ $c=0.0096$)

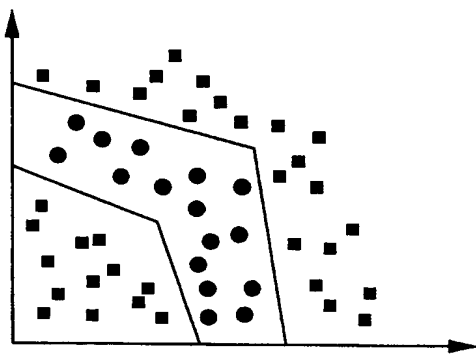
【도 7a】



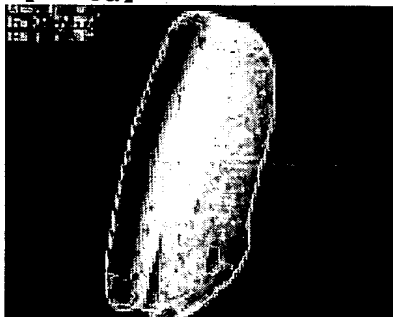
【도 7b】



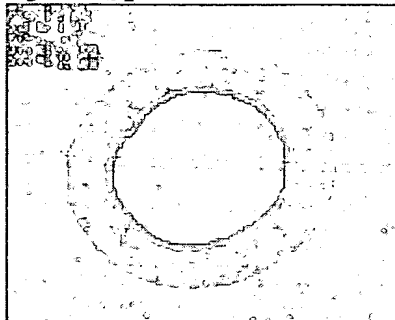
【도 7c】



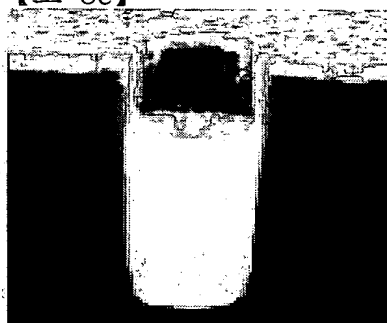
【도 8a】



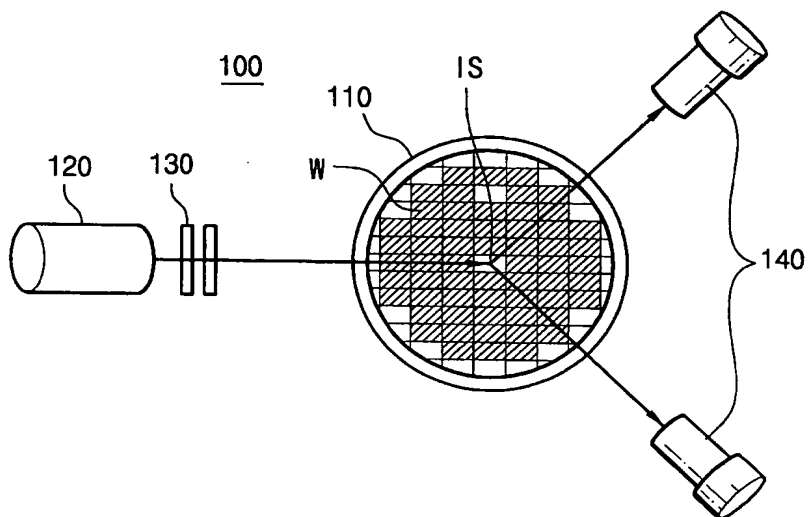
【도 8b】



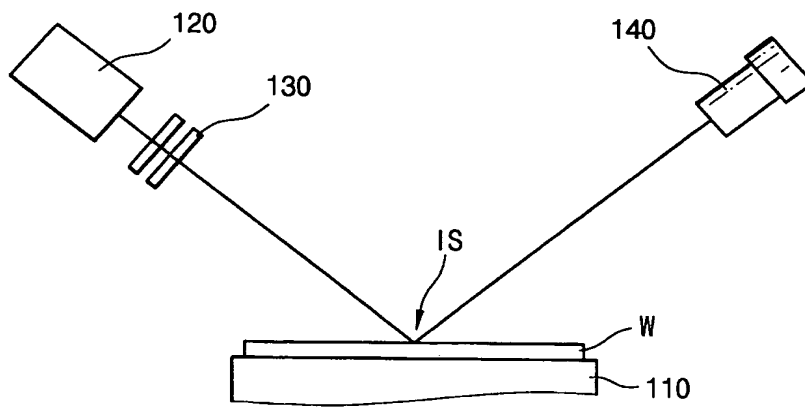
【도 8c】



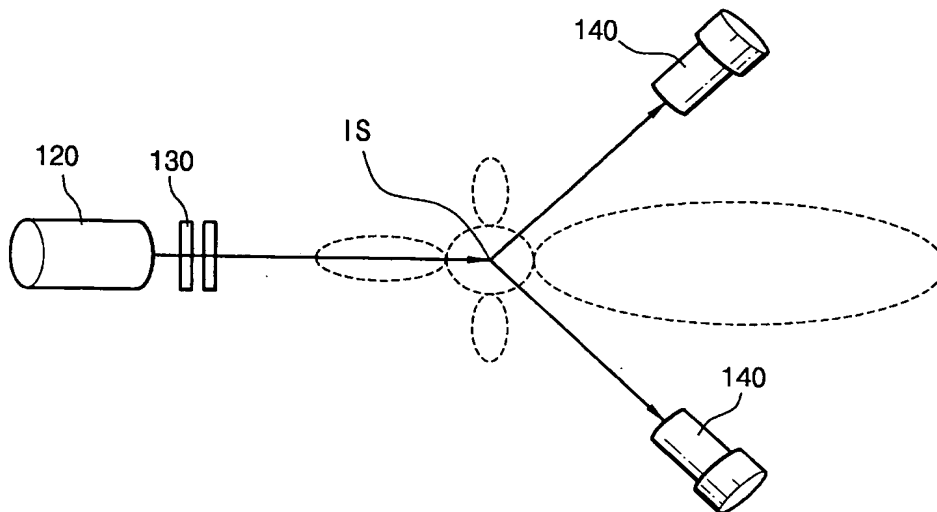
【도 9】



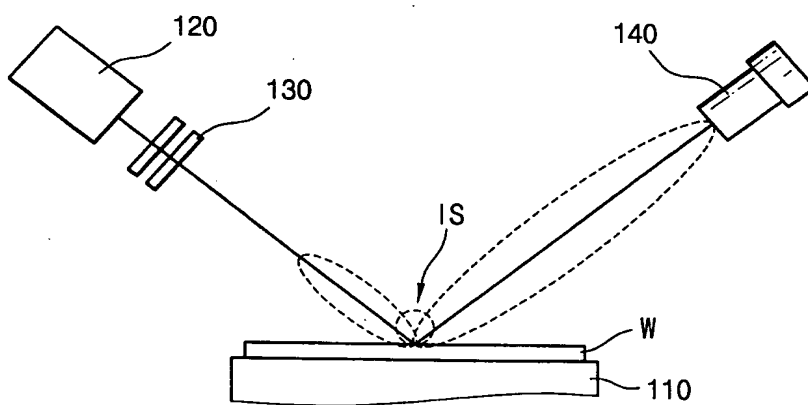
【도 10】



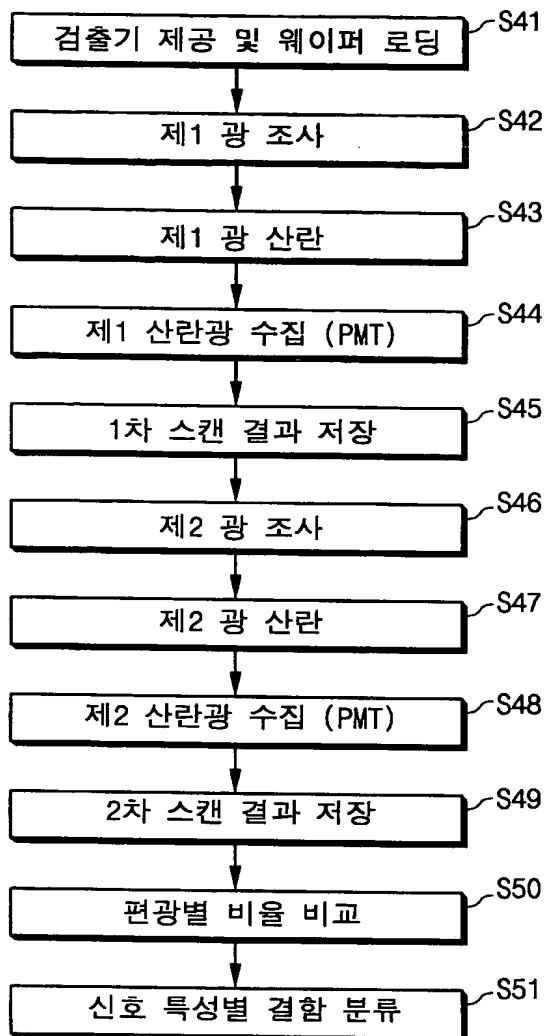
【도 11】



【도 12】

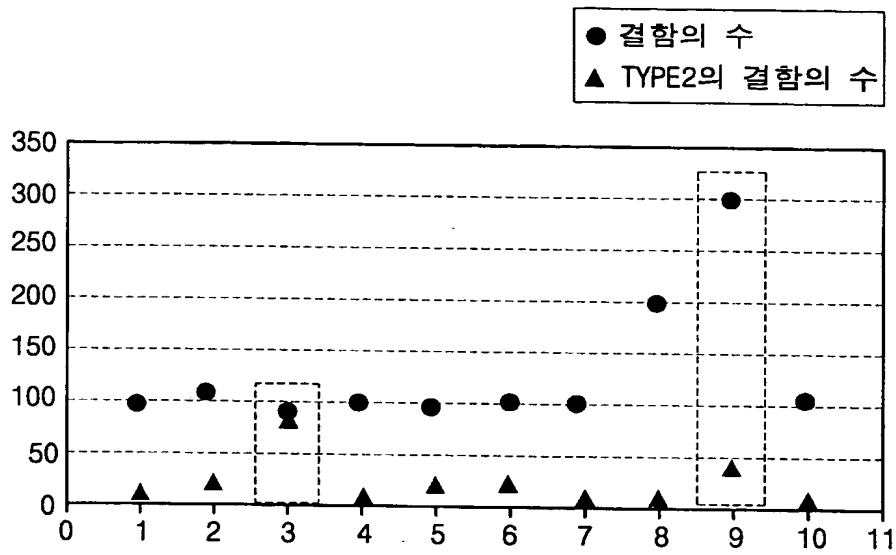


【도 13】

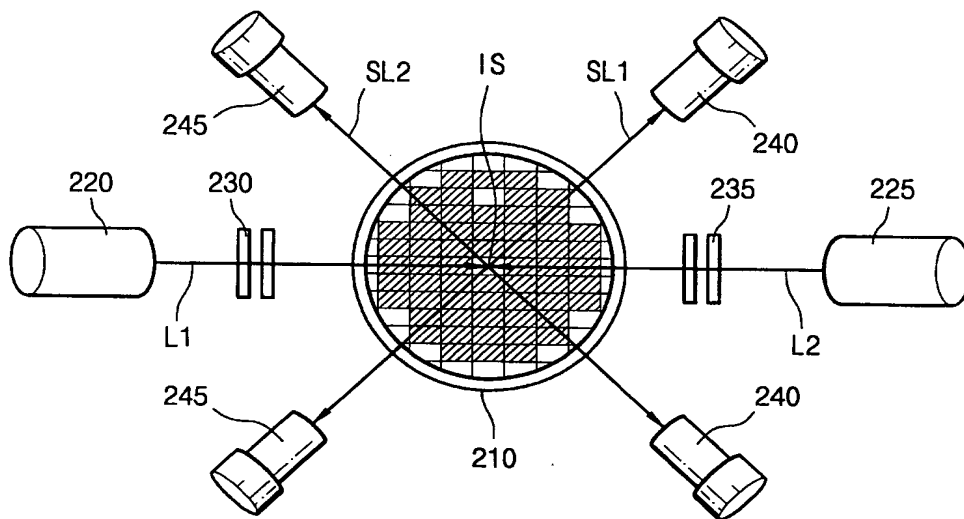




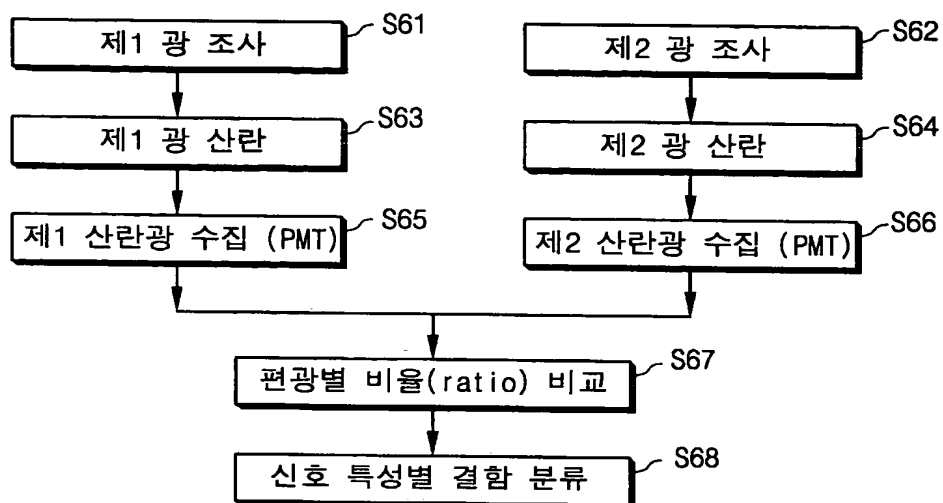
【도 14】



【도 15】



【도 16】



【도 17】

